

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO – GEOLOGICKÁ FAKULTA

INSTITUT GEODÉZIE A DŮLNÍHO MĚŘICTVÍ

Vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí v severní části obce Oravská Polhora

Copies of the map documentation for the project engineering networks in the northern part of the village Oravska Polhora

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Eva Jiráňková, Ph.D.

Studijní obor:

Inženýrská geodézie

Datum zadání diplomové práce:

říjen 2009

Datum odevzdání diplomové práce:

30.dubna2010

Ostrava 2010

Tomáš Bukový

Místopřísežné prohlášení:

Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně. Využité písemné materiály jsem uvedl v seznamu použité literatury.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečné, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30.4.2010

Tomáš Bukový

Anotace diplomové práce:

V diplomové práci je popsána metoda zaměření inženýrských sítí. Jako základ této práce je zpracování mapové dokumentace pro potřeby obce Oravská Polhora na vybudování plánované a kanalizace a plynového vedení.

Práce je rozdělena do jednotlivých tematických celků, ve kterých jsou uvedeny právní předpisy, podle kterých byla práce zpracovaná, metody, způsob měření a popis vlastního zaměření dané lokality a vyhodnocení mapové dokumentace.

Annotation of thesis:

This diploma thesis describes the method of underground services localization. The basis of the work is the processing of map documentation for the use of the village of Oravská Polhora for sewerage and gas line building.

The work is divided into separate thematic sections containing legal directives according to which the work is written, methods, the way of measurement, and the description of the particular locality localization as well as the evaluation of map documentation.

Klíčová slova:

bodové pole, globální polohový systém (GPS), mapový podklad, polohopis, polygonový pořad, souřadnicový systém, výškopis

Key words:

minor control, global positioning system, map base, planymetry, polygonal agenda, coordinate system, vertical surveying

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce ing. Eva Jiránková, Ph.D. za rady a připomínky, které mi byly poskytnuty během zpracování této diplomové práce.

1. Úvod	1
2. Studium předpisu platných pro tvorbu mapové dokumentace na území SR	3
2.1. Účel směrnic.....	4
2.1. Struční přehled směrnic	4
2.2. Účel a rozsah platnosti Instrukce.....	5
2.2.1. Závaznost instrukce	6
2.3. Struční přehled instrukci metodických návodů	6
3. Vybudování bodového pole a jeho připojení na geodetické základy SR	8
3.1. Geodetický základy Slovenské Republiky	8
3.2. Určení souřadnic bodů polygonovým pořadem	9
3.2.1. Vyrovnání oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu	11
3.3. Rozbor přesnosti vodorovných směrů a úhlů.....	15
3. 4. Chyby při měření polygonového pořadu	16
3. 5. Určení účelového bodového pole metodou GNSS	17
3. 5. 1. Model určování polohy bodu.....	18
3. 5. 2. Metody měření GNSS	19
3. 6. Slovenská síť permanentních stanic pro určování polohy SKPOS	20
3. 6. 1. Vznik a definice sítě	20
3.7 Polohové zaměření podrobných bodů polární metodou.....	22
3.8 Trigonometrické určování výšek	22
3.8.1 Přesnost trigonometricky určovaného výškového rozdílu	24
4 Zaměření podrobných bodů pro účely projektu v rozsahu uliční čáry	25
4.1.Rekognoskace terénu	25
4.2.Stabilizace účelového bodového pole.....	26
4.3. Rozbor přesnosti před měřením	28
4.4 Zaměření účelového bodového pole polygonovými pořady	29

*Tomáš Bukový: Vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí v severní
části obce Oravská Polhora*

4.4.1 Použité přístroje a pomůcky	32
4.4.2 Technické parametry Topcon GPT – 7000i.....	33
4.4.3 Číslování bodů	34
4.5 Měření metodou GNSS	34
4.5.1 Technické parametry FC200.....	38
5.Vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí	39
5.1 Zpracování naměřených hodnot.....	39
5.2.Tvorba kreslicího klíče	40
5.3. Grafické zpracování.....	40
6 Závěr	42
Seznam použité literatury	44
Seznam obrázků	45
Seznam tabulek:	46
Seznam příloh:.....	47

1. Úvod

Pod pojmem inženýrské sítě rozumíme zvláštní druh inženýrských staveb. Představují podstatný prvek technického vybavení území. Inženýrské sítě jsou „žily“ dnešní industriální společnosti a jejich důležitost narůstá s urbanizací osídlení a s rozvojem technologií. Dnešní doba se vyznačuje informační explozí a tyto informace se zatím ve větší míře dostávají k lidem prostřednictvím nespočetného množství kabelů a drátů. Spolu s informacemi proudí do našich domácností také energie ve formě plynu, tepla, elektřiny. Důležité je také neopomenout udržování úrovně životního prostředí a s tím související odpad a jeho ekologická likvidace. Všude narazíme na hustou síť podzemních i nadzemních vedení, které jsou nervovou sítí organismu moderní společnosti. Soubor vnějších potrubí a vodičů se nazývá dle [6] „vedení technického vybavení“ nebo bývá označován jako „inženýrské sítě“.

Diplomová práce je rozdělená do pěti tematických celků. V prvním celku je stručně a obecně vysvětlen význam inženýrských sítí a jejich potřeba pro dnešní společnost. V druhém celku je popsáno studium předpisů platných pro tvorbu mapové dokumentace na území Slovenské Republiky. Ve třetím tematickém celku je popsáno vybudování bodového pole a jeho připojení na geodetické základy Slovenské Republiky. Tato část diplomové práce také obsahuje bližší informace o používané metodě GNSS měření pro území Slovenské Republiky. Zde je také zahrnuta teorie prací prováděných při měření. V následujícím čtvrtém bloku je uvedeno zaměření podrobných bodů pro účely projektu v rozsahu uliční čary. Pátý a zároveň poslední celek obsahuje zpracování podrobného měření a vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí a zhodnocení výsledků měření.

Cílem diplomové práce bylo vyhotovit mapovou dokumentaci pro projekt inženýrských sítí v severní části obce Oravská Polhora dle požadavků starosty obce ing. Petra Horvátha.



Obr. 1.: Letecký snímek obce Oravská Polhora

2. Studium předpisu platných pro tvorbu mapové dokumentace na území Slovenské Republiky

Vstup Slovenské Republiky do Evropské unie ovlivňuje potřeba věnovat zásadní pozornost nárokům na novou legislativu, která musí být kompatibilní s právem Evropské unie. Geodet a kartograf je v současné době ve zvýšené míře vystavený požadavkům na uplatnění právních a technických předpisů ve svojí praktické činnosti. Především v oblasti právních předpisů byly přijaté a schválené velké množství předpisů, které se svojí koncepcí, strukturou i obsahem výrazně odlišují od předešlých. Také v oblasti technických předpisů dochází k výrazným strukturálním a obsahovým změnám. Právním předpisem se rozumí písemný normativní právní akt, který obsahuje alespoň jednu právní normu a který je uveřejněný ve sbírce zákonů. Uveřejněním se rozumí vyhlášení celého textu právního předpisu, nebo oznámení o vydání právního předpisu. Technický předpis je speciální předpis, upravující postup prací a využití techniky v odboru geodézie a kartografie i v katastru nemovitostí. Základem soustavy STN se staly všechny československé normy a všechny odborové normy, které byly platné k 1. 1. 1993. Na základě zákona č. 142/1991 Sb. ve znění pozdějších předpisů se všechny odborné normy ke dni 1. 1. 1994 zrušily. Zároveň byla dána možnost odvětvovým ministerstvím Slovenské republiky, aby si vyhlásili odborové normy, které jsou potřebné a nejsou nahrazené státními normami za normy odvětvové, které se doporučují používat jako nezávazné dokumenty s platností na tři roky. V roce 1999 byla při Slovenském ústavu technické normalizace ustanovená technická normalizační komise č. 89 pro geodézii a kartografii. Její činnost se řídí statutem a organizačním pořádkem, uveřejněným ve Věstníku Úřadu pro normalizaci, metrologii a zkušebnictví Slovenské republiky č. 7/1997. Technická normalizační komise je garantem tvorby, přebírání, připomínkování norem v dané oblasti. Slovenské technické normy schvaluje Úřad pro normalizaci, metrologii a zkušebnictví Slovenské republiky a upravuje činnosti, vlastnosti výrobků a všeobecné technické otázky, které mají pro národní hospodářství mimořádnou důležitost, anebo které se vyrábějí, respektive používají ve vícerech odborech. Směrnice jsou technickým předpisem, upravujícím ucelenou oblast činnosti na úseku geodézie, kartografie anebo katastru nemovitostí. Metodický návod podrobněji rozvádí a upravuje jednotlivé částí, resp. oblasti této činnosti.

2.1. Účel směrnic

(1) Směrnice ustanovují zásady a náležitosti vyhotovení geometrických plánů, vytyčování hranic pozemků a dokumentací těchto prací a zabezpečují jednotný postup při měření změn pro účely katastru nemovitostí (dál jen “katastr”), při zaznamenávání výsledků měření, jako i při vykonávání změn v souboru geodetických informací katastru. Směrnice podrobněji zpracovávají ustanovení osobitného předpisu¹⁾. [1]

(2) Při měření a zpracovávání výsledků měření, které se vykonává v rámci obnovy katastrálního operátu, se postupuje podle osobitného předpisu²⁾, přičemž výsledky měření a zpracování vykonané podle těchto směrnic se při obnově využijí. [1]

(3) Geodetickými činnostmi se pro účely těchto směrnic rozumí měřické, zobrazovací a výpočtové práce, potřebné na vykonávání změn v souboru geodetických informací katastru. [1]

(4) Změnou se na účely těchto směrnic rozumí změna údajů v souboru geodetických informací, která má ucelený charakter. Takovou změnou je dotknuta většina současných katastrálních území, změna je v každém katastrálním území řešena osobitně, kromě změny hranic územních a správních celků (obcí, okresů, krajů) a katastrálních území³⁾,⁴⁾. [1]

2.1. Stručný přehled směrnic

Ačkoli seznam směrnic, instrukcí a metodických návodů je poměrně rozsáhlý, ve své diplomové práci uvádím jen malý zlomek z celkového počtu. Jsou zde uvedeny směrnice ze kterých byli čerpaný poznatky pro správné vyhotovení mapové dokumentace z hlediska přesnosti a účelnosti díla.

1. STN 01 3410 Mapy velkých mírek.

¹⁾ § 92 až 110 vyhlášky ÚGKK SR č. 79/1996 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon Národnej rady Slovenskej republiky o katastri nehnuteľností a o zápise vlastníckych a iných práv k nehnuteľnostiam (katastrálny zákon) v znení neskorších predpisov

²⁾ Inštrukcia na tvorbu Základnej mapy Slovenskej republiky veľkej mierky I 74.20.73.21.00 (984 211 I/93), Úrad geodézie kartografie a katastra Slovenskej republiky č. NP-2703/1993 z 15. decembra 1993.

³⁾ Smernice na ostatné úlohy katastra nehnuteľností S 74.20.73.49.00, Úrad geodézie kartografie a katastra Slovenskej republiky č. P-878/1999 z 18. marca 1999

⁴⁾ Smernice na vykonávanie zmien hraníc katastrálnych území S 74.20.73.42.00, Úrad geodézie kartografie a katastra Slovenskej republiky č. P-1193/2001 z 5. marca 2002.

Základné a účelové mapy.

2. STN 73 0202 Geometrická přesnost ve výstavbě.
Základné ustanovení.
3. STN 73 0205 Geometrická přesnost ve výstavbě.
Navrhování geometrické přesnosti.
4. STN 73 0415 Geodetické body. SÚTN 2002.

V Slovenské Republice se kromě uvedených technických norem používají též tzv. převzaté normy ISO (např. STN ISO 4463-1 - Metody měření v stavebnictví. Vytýčení a měření. Část 1: Plánování, organizace, postupy měření, přebírací podmínky. SÚTN 2002, STN ISO 4463-2 - Metody měření v stavebnictví. Vytyčování a měření. Část 2: Měřické značky. SÚTN 2002 a mnohé další) a též převzaté normy EN (např. CR 13 425 - Geografické informace. Přehled, převzaté evropské normy překladem, ENV 12 009 - Geografické informace. Referenční model, převzaté evropské normy překladem, STN EN 45 001 - Všeobecná kritéria pro činnost zkušebních laboratoří. (SÚTN 1999)

2.2. Účel a rozsah platnosti Instrukce

Úřad geodézie, kartografie a katastru Slovenské republiky podle §3 Pokynů Úřadu geodézie, kartografie a katastru Slovenské republiky na tvorbu a vydávání technických předpisů v oboru geodézie, kartografie a katastru ze dne 16. 2. 1993 č. 3 - 367/1993 ustanovuje: [1] Instrukce stanovuje postup přípravných, rekognoskačních, stabilizačních, měřických, výpočetních a dokumentačních prací vykonávaných v polohovém bodovém poli, a to na doplňování a obnově Česko-Slovenské trigonometrické sítě (zkratka ČSTS), na budování a údržbě lokálních sítí, na určování souřadnic geodetických bodů pomocí globálního systému určení polohy, na údržbě trigonometrických bodů (dále jen “TB”) a na zřizování, určování a vyhledávání bodů podrobného polohového bodového pole.

2.2.1. Závaznost instrukce

[2] ZPBP budují, udržují a dokumentují organizace na to zřízené Úřadem geodézie kartografie a katastru Slovenské republiky (dále jen “úřad”) a pro potřeby obrany státu též Ministerstvo obrany Slovenské republiky (dále jen “MO SR”) a jemu podřízené orgány a organizace.

[3] PPBP budují organizace na to zřízené úřadem anebo MO SR, případně i jiné orgány a organizace a fyzické a právnické osoby, které mají oprávnění na vykonávání vybraných geodetických a kartografických činností.

[4] Všechny práce v polohovém bodovém poli podléhají oznamovací povinnosti územně příslušnému katastrálnímu úřadu.

Pro tvorbu polohového bodového pole podle této instrukce je závazný souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální. Charakterizující údaje pro tento polohový systém jsou podrobně popsány v §3 Instrukce pro práce v polohových bodových polích. Geodetické práce je možné vykonávat i v jiných souřadnicových systémech, pokud s tím souhlasí úřad a výsledné souřadnice musí být transformovány do souřadnicového systému jednotné trigonometrické sítě katastrální. Závazným výškovým systémem je Baltský výškový systém po vyrovnání. Nadmořské výšky se podle instrukce v geodetických údajích uvádějí na dvě desetinná místa. Geodetické práce v mé diplomové práci byly prováděny v závazném souřadnicovém systému jednotné trigonometrické sítě katastrální a výškovém systému Balt po vyrovnání. [1]

2.3. Stručný přehled instrukcí metodických návodů

- Instrukce pro práce v polohových bodových polích (I 74.20.73.12.00) ÚGKK SR z 20. 12.1994 č. NP-3638/1994, účinnost 1. 3. 1995
- Metodický návod na měření délek světelnými dálkoměry (MN 74.20.73.12.00) SÚGK z 9. 10. 1987, č. 3-2574/1987, účinnost 1. 1. 1988
- Instrukce pro práce ve výškových bodových polích (I 74.20.73.13.00) SÚGK z 21. 6. 1982 č. 3-2169/1982, účinnost 1. 7. 1982
- Metodický návod na budování, obnovu a údržbu výškových bodových polí (MN 74.20.73.13.00) SÚGK ze 14. 2. 1992, č. 3-39/1992, účinnost 1. 7. 1992

Tomáš Bukový: Vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí v severní části obce Oravská Polhora

- Instrukce na tvorbu Základní mapy Slovenské republiky velkého měřítka (I 74.20.73.21.00) ÚGKK SR z 15. 12. 1993, č. NP-2703/1993, účinnost 1. 1. 1994
- Metodický návod na tvorbu vektorové katastrální mapy (MN 74.20.73.21.00) ÚGKK SR ze dne 17. 8. 1995, č. NP-3467/1995, účinnost 1. 9. 1995

3. Vybudování bodového pole a jeho připojení na geodetické základy SR

Vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí bylo provedeno na základě požadavků starosty obce Oravská Polhora, kterým je pan ing. Petr Horváth. Měření spočívalo v zaměření polohopisu a výškopisu po obou stranách ve vzdálenosti 25 m od osy hlavní komunikace.

Tato kapitola je zaměřená na teorii geodetických metod, které jsou potřebné pro úspěšné vyhotovení mapové dokumentace. Jedná se o metody pro měření účelového bodového pole, podrobného měření polohopisu a výškopisu.

3.1. Geodetický základy Slovenské Republiky

Geodetické základy jsou na Slovensku postupně budované více než 140 roků a neustále jsou doplňované a zdokonalované. Jsou nenahraditelným podkladem pro každou vědeckou, investiční a rozhodovací činnost, při ochraně životního prostředí, pro stanovování jejich kvalitativních a kvantitativních charakteristik, pro obranu státu, pro tvorbu státních mapových děl i katastrálních map, pro dálkový průzkum Země, monitorování stavu životního prostředí a jiné. Též jsou geometrickým podkladem pro budování všech druhů mapových děl souvisle pokrývajících celé území státu a pro tvorbu geografických informačních systémů.

Jak pro Slovenskou Republiku tak pro Českou republiku je geometrickým podkladem JTSK a Bpv.

Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální je tvořen množinou trvale stabilizovaných bodů na zemském povrchu. Množina těchto bodů se na Slovensku jmenuje polohové bodové pole. Tato síť geodetických bodů byla vytvořena postupným zhušťováním. Polohové bodové pole se na Slovensku se dělí na:

- základní polohové bodové pole (ZPBP)
- podrobné polohové bodové pole (PPBP)

V mapách se kromě polohové situace znázorňují i výškové poměry. Podkladem pro výškové měření je výškové bodové pole. Výškové bodové pole je realizované hustou sítí vhodně zvolených a stabilizovaných bodů, jejichž výšky se určují nivelací a počítají se v určitém výškovém systému, jehož nulovým výškovým bodem je střední hladina moře

určovaná za dlouhé období pomocí mareografu. V Slovenské republice geodetické výškové základy tvoří státní nivelační síť. [9]

Protože body těchto sítí nebyly v daném území rozmístěné v dostatečné hustotě pro zaměření změn nebo skutečného stavu zemského povrchu, byly stabilizovány body účelového bodového pole, jejichž poloha a výška byla určena terestrickou metodou polygonových pořadů a technologií GNSS. V kapitole, která bude následovat je teoreticky popsán postup určení souřadnic bodů polygonovým pořadem.

3.2. Určení souřadnic bodů polygonovým pořadem

Polygonový pořad je zjednodušeně řečeno lomená čára, jejíž lomové body představují vrcholy polygonu. Používají se k určování souřadnic bodů podrobného polohového bodového pole. Tyto pořady tvoří geometrickou síť, na kterou připojujeme podrobné měření, anebo ze které vytyčujeme. Vkládají se mezi souřadnicově známé body polohového bodového pole. V polygonech jsou určeny nadbytečné prvky, pomocí kterých kontrolujeme správnost měření a vyrovnáváme nevyhnutné měřické chyby. Polygonovými pořady se určují body 1. až 4. třídy přesnosti. Používají se nejčastěji v zastavěném anebo členitěm a nepřehledném území. Používá se několik druhů polygonových pořadů. V polygonové síti měříme délky stran a levostranné úhly. Úhly a délky se mohou získat s různým stupněm vzájemné přesnosti. V zájmu hospodárnosti měření a přesnosti určení souřadnic polygonových bodů, vyžadovanou přesnost měření uhlů a délek vymezují příslušné směrnice: (S 74.20.73.11.00, Směrnice na spravování geodetických základů, ÚGKK SR, 2007), podle kterých byl volený a zaměřený polygonové pořady. Polygonové pořady se rozdělují podle různých hledisek, můžeme jich rozdělit:

Podle geometrického tvaru:

- Polygonové pořady uzavřené, (používají se jen na osobitné účely)
- Polygonové pořady otevřené, (mají v praxi nejširší uplatnění)

Podle vztahu polygonových pořadů k polohovému bodovému poli:

- polygony polohově a směrově připojené (připojené polygony umožňují vytvořit vzájemně spojenou polygonovou síť, kterou vkládáme do sítě trigonometrických bodů)
- polygony připojené jen polohově (polygony bez připojení a orientací volíme při úlohách místního významu. Nejsou žádným způsobem vázané na souřadnicový

systém, anebo se připojí dodatečně. Souřadnice polygonových bodů tehdy vypočteme v libovolně zvoleném a orientovaném souřadnicovém systému)

Podle způsobu připojení polygonu na souřadnicový systém:

1. Oboustranně připojený a orientovaný polygon (začíná a končí na polohově určeném bodě. Na koncových bodech polygonu měříme připojovací, orientační úhly na body, u kterých známe souřadnice anebo připojovací směrníky)
2. Jednostranně připojený a orientovaný polygon (je připojený a orientovaný jen na počátečním bodě)
3. Nepřímo připojený polygon (nemá odměřený připojovací úhel a délku na počáteční, koncový souřadnicově známý bod, který je z hlediska měření nepřístupný např. věž kostela, továrenský komín apod. Na připojení odměříme osobitný připojovací obrazec)
4. Vložený polygon (začíná a končí na polohově určených bodů a nemá úhlové připojení)
5. Zauzlený polygony (se skládají ze třech a více polygonů, které se střetávají v uzlovém bodě), zauzlené polygony se v současné době již nepoužívají.

Z hlediska délek stran:

- polygony s dlouhými stranami (300 – 1500 m)
- polygony s krátkými stranami (60 – 300 m, výjimečně 50 m).

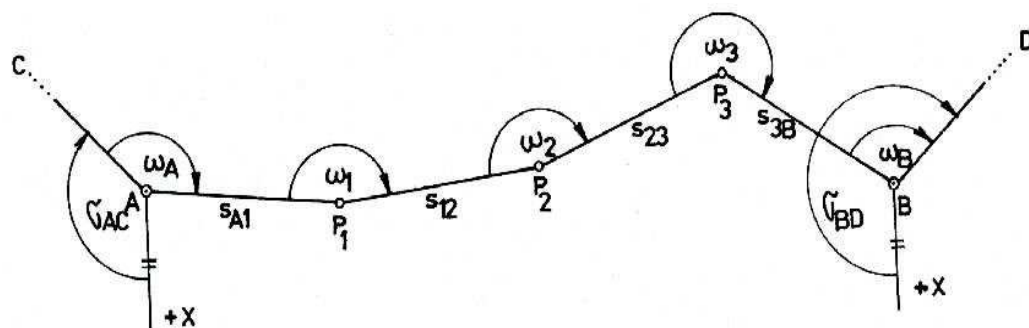
Podmínky budování polygonových pořadů

Polygonová síť je budovaná podle účelu, ke kterému bude sloužit. Způsob stabilizace bodů polygonového pořadí se volí podle potřeby a účelu využití bodu, s přihlédnutím k okolnímu terénu. Pro nově zřizované body se volí místa, které nejsou ohrožené jinou činností. Upřednostňují se místa, nenacházející se v bezprostřední blízkosti projíždějících vozidel, protože je to nejen nebezpečné, ale taky dochází k vibracím a někdy silná vlna vznikající pohybem vozidla dokáže srazit stativ a poškodit drahé zařízení. Body je možné stabilizovat více způsoby. Mezi nejpoužívanější způsoby se řadí stabilizace vysekáním křížku na opracované ploše skály, hřebovými značkami zabetonovanými do skály, kovovými konzolami, ocelovými trubkami a tak dále. Stabilizace se provádí tak, aby byla dobrá viditelnost mezi sousedními polygonovými body. Podstatným faktorem ovlivňujícím správnost výsledku měření je také volba délky stran v polygonovém pořadí. Délka stran by měla být v rozmezí 50 - 300 m, přičemž musí být dodržena zásada, že po

straně krátké nesmí následovat strana dlouhá. Délka polygonového pořadu by neměla přesáhnout délku 2000 m, proto je-li v blízkosti polygonového pořadu trigonometrický bod, je potřeba pořad na něj připojit. Úhly se měří levostranné v řadách a skupinách a délky se pro kontrolu měří dvakrát a protisměrně. Připojením a orientací polygonového pořadu z obou stran dostaneme vlivem náhodných chyb v měřených prvcích na koncovém bodě odchylky, které musí být vyrovnány. Problematikou tohoto vyrovnání se zabývá následující kapitola. [2]

3.2.1. Vyrovnání oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu

U oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu schématicky znázorněného na obr. 2 jsou dané souřadnice připojovacích bodů $A(y_A, x_A)$ a $B(y_B, x_B)$ [m] a souřadnice připojovacích bodů $C(y_C, x_C)$ a $D(y_D, x_D)$ [m]. Souřadnice bodů, na které se orientujeme, můžeme nahradit připojovacími směrníky σ_{PC} a σ_{KD} [°]. V pořadu jsou změřeny levostranné vrcholové úhly $\omega_A, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_B$ [°] a délky stran $s_{A1}, s_{12}, s_{23}, s_{3B}$ [m]. Výpočtem polygonového pořadu získáme souřadnice bodů $P_1(y_1, x_1), P_2(y_2, x_2)$ a $P_3(y_3, x_3)$ [m]. [2]



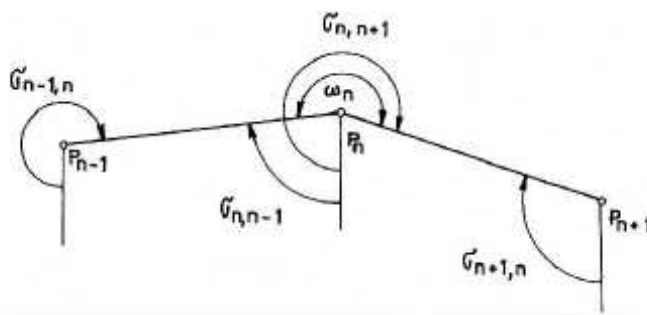
Obr. 2.: Oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad

Pořad vyrovnáme a vypočteme ve dvou etapách. Nejprve vyrovnáme úhly a vypočteme směrníky stran pořadu, potom následuje výpočet souřadnicových rozdílů s vyrovnáním a výpočet vyrovnaných souřadnic bodů pořadů. Uvedený postup vyrovnání pořadů označujeme jako přibližné vyrovnání. Pořady s určením souřadnic bodů v 1. a 2. třídě přesnosti vyrovnáváme metodou nejmenších čtverců. Přibližné vyrovnání a výpočet polygonu:

1. Jestliže na začátku a na konci pořadů nejsou dané směrníky σ_{AC} , σ_{BD} , vypočteme je ze souřadnic y a x bodu A, C a B, D: [2]

$$\text{tg}\sigma_{CA} = \frac{y_C - y_A}{x_C - x_A} \quad \text{tg}\sigma_{DB} = \frac{y_D - y_B}{x_D - x_B} \quad [^\circ] \quad (1)$$

2. Výpočet směrníků stran pořadu uskutečníme podle pravidla vyplývajícího z obr. 3. Směrník strany pořadů určíme tak, že ke směrníku předcházející strany připočteme levostranný vrcholový úhel a součet zmenšíme o 200° (180°).



Obr. 3.: Výpočet směrníku stran pořadu

$$\sigma'_{n,(n+1)} = \sigma'_{n,(n-1)} + \omega'_n = \sigma'_{(n-1),n} + \omega'_n - 200^\circ \quad [^\circ] \quad (2)$$

V rovnici (2) a dále nevyrovnané směrníky, úhly a souřadnicové rozdíly označíme s čárkou (σ' , ω' , $\Delta y'$, $\Delta x'$). Podle [2] pravidla (2) určíme všechny nevyrovnané směrníky stran

zobrazeného na obr. č. 3:

$$\sigma'_{A1} = \sigma_{AC} + \omega'_A \quad [^\circ]$$

$$\sigma'_{12} = \sigma'_{A1} + \omega'_1 - 200^\circ \quad [^\circ] \quad (3)$$

....

$$\sigma'_{BD} = \sigma'_{3B} + \omega'_B - 200^\circ \quad [^\circ]$$

Soustavu rovnic (3) spočteme a dostaneme:

$$\sigma'_{BD} = \sigma'_{AC} + [\omega'] - (n-1)200^\circ \quad [^\circ] \quad (4)$$

Rovnicí (4) jsme vypočetli nevyrovnaný orientační směrník σ'_{BD} . V rovnici (4) označuje n počet vrcholů pořadu. Rozdíl směrníků $\sigma_{BD} - \sigma'_{BD}$ je úhlový uzávěr pořadu O_ω , který určíme podle rovnice:

$$O_{\omega} = (\sigma_{BD} - \sigma_{AC}) - \{\Sigma\omega' - (n-1)200^g\} \quad [^g] \quad (5)$$

Úhlový uzávěr O_{ω} je zkouškou přesnosti měření vrcholových úhlů. Před vyrovnáním úhlů ověřujeme, jestli velikost úhlového uzávěru nepřekračuje mezní úhlový uzávěr $\Delta\omega$. Hodnoty mezních úhlových uzávěrů jsou uvedené v příloze č. 1. [2]

Jestli platí $O_{\omega} < \Delta\omega$, úhlový uzávěr O_{ω} rozdělíme rovnoměrně na jednotlivé vrcholové úhly, tj. ke každému úhlu přidáme opravu:

$$\delta_{\omega} = \frac{O_{\omega}}{n} \quad [^g] \quad (6)$$

kde:

O_{ω} - je uhlový uzávěr [g]

δ_{ω} - je oprava vrcholového uhlu [g]

n - je počet vrcholů

Opravy v_{ω} se zaokrouhlují na celé sekundy tak, aby platilo:

$$\Sigma\delta_{\omega} = O_{\omega} \quad [^g] \quad (7)$$

Opravy se připojí k měřeným vrcholovým úhlům, tím dostaneme vyrovnané úhly $\omega = \omega' + v_{\omega}$, pomocí kterých vypočteme opravené směrníky všech stran postupným výpočtem podle rovnic (3):

$$\sigma_{A1} = \sigma_{AC} + \omega_A \quad [^g]$$

$$\sigma_{12} = \sigma_{A1} + \omega_1 - 200^g \quad [^g] \quad (8)$$

.....

$$\sigma_{BD} = \sigma_{3B} + \omega_B - 200^g \quad [^g]$$

Výpočtem rovnic (8) je úhlové vyrovnání ukončené a hodnota směrníku σ_{BD} z rovnice (8) musí být shodná s vypočtenou hodnotou tohoto směrníku ze souřadnic.

3. Dalším krokem při výpočtu pořadu podle [2] je výpočet nevyrovnaných souřadnicových rozdílů z vyrovnaných směrníků a měřených délek stran. Nevyrovnané souřadnicové rozdíly $\Delta y'$ a $\Delta x'$ vypočteme z rovnic:

$$\Delta y'_{A1} = y'_1 - y_A = s_{A1} \sin \sigma_{A1} \quad [m]; \quad \Delta x'_{A1} = x'_1 - x_A = s_{A1} \cos \sigma_{A1} \quad [m]$$

$$\Delta y'_{12} = y'_2 - y'_1 = s_{12} \sin \sigma_{12} \quad [m]; \quad \Delta x'_{12} = x'_2 - x'_1 = s_{12} \cos \sigma_{12} \quad [m]$$

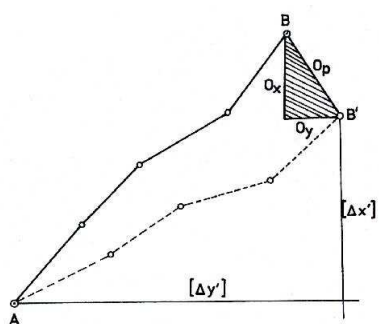
... (9)

$$\Delta y'_{3B} = y_B - y'_3 = s_{3B} \sin \sigma_{3B} \quad [\text{m}]; \quad \Delta x'_{3B} = x'_B - x_3 = s_{3B} \cos \sigma_{3B} \quad [\text{m}]$$

$$\Sigma \Delta y' = y_B - y_A = \Sigma s \sin \sigma \quad [\text{m}]; \quad \Sigma \Delta x'_{3B} = x_B - x_A = \Sigma s \cos \sigma \quad [\text{m}]$$

Znaménka souřadnicových rozdílů se řídí podle velikosti směrníku σ (ve kterém kvadrantu se nachází příslušná polygonová strana).

4. Rovnice (9) představují podmínkové rovnice souřadnicového vyrovnání polygonu. Vlivem nevyhnutných měřických chyb nebudou splněny a z nich vypočteme uzávěry polygonu O_y a O_x . Uzávěry polygonového pořadu jsou uvedeny na obr. 4.



Obr. 4.: Geometrický význam souřadnicových uzávěrů O_y a O_x

$$O_y = y_B - y_A - (\Delta y') \quad [\text{m}] \quad O_x = x_B - x_A - (\Delta x') \quad [\text{m}] \quad (10)$$

Souřadnicové uzávěry O_y a O_x poskytují kontrolu měření pořadu, hlavně měření délek.

Velikosti souřadnicových uzávěrů posoudíme podle polohového uzávěru pořadu, vypočteného z rovnice:

$$O_p = \sqrt{O_x^2 + O_y^2} \quad [\text{m}] \quad (11)$$

a jeho porovnáním s mezním polohovým uzávěrem. Hodnoty mezních polohových uzávěrů jsou uvedené v příloze č. 1.

V případě, kdy je $O_p > \Delta p$, předpokládáme, že je v určujících prvcích hrubá chyba, kterou je potřeba identifikovat. Obvykle je v měřených délkách. Když $O_p < \Delta p$, pořad vyrovnáme tak, že souřadnicové uzávěry O_y a O_x rozdělíme úměrně absolutním hodnotám vypočtených souřadnicových rozdílů podle vztahů:

$$\delta y_{i,i+1} = \frac{O_y}{\Delta y'} \cdot \Delta y'_{i,i+1}, \quad \delta x_{i,i+1} = \frac{O_x}{\Delta x'} \cdot \Delta x'_{i,i+1} \quad [\text{m}] \quad (12)$$

Opravy k souřadnicovým rozdílům se vypočítají na centimetry, přičemž je

zaokrouhlíme tak, aby platilo $\sum v_y = O_y$ a $\sum v_x = O_x$.

Připočtením oprav v_y a v_x k nevyrovnaným souřadnicovým rozdílům $\Delta y'$ a $\Delta x'$ dostaneme vyrovnané souřadnicové rozdíly Δy a Δx .

5. Výpočet vyrovnaných souřadnic polygonových bodů vykonáme postupným výpočtem souřadnic od bodu A přes nově určený body P_i až po bod B , ve kterém vypočtené souřadnice bodu B se musí přesně shodovat s danými souřadnicemi:

$$\begin{aligned} y_1 &= y_A + s_{A1} \sin \sigma_{A1} + v_{yA1} = y_A + \Delta y_{A1}; & x_1 &= x_A + s_{A1} \cos \sigma_{A1} + v_{xA1} = x_A + \Delta x_{A1} \\ y_2 &= y_1 + s_{12} \sin \sigma_{12} + v_{y12} = y_1 + \Delta y_{12}; & x_2 &= x_1 + s_{12} \cos \sigma_{12} + v_{x12} = x_1 + \Delta x_{12} \end{aligned} \quad (13)$$

.....

$$y_B = y_3 + s_{3B} \sin \sigma_{3B} + v_{y3B} = y_3 + \Delta y_{3B}; \quad x_B = x_3 + s_{3B} \cos \sigma_{3B} + v_{x3B} = x_3 + \Delta x_{3B}$$

$$y_1, y_2, \dots [m] \qquad x_1, x_2, \dots [m]$$

3.3. Rozbor přesnosti vodorovných směrů a úhlů

Na základě směrodatné odchylky se posuzuje přesnost vodorovných směrů a úhlů. Tato odchylka σ charakterizuje podle [2] přesnost základního souboru náhodných veličin.

Dle [2] platí:

$$\sigma_\phi = \sqrt{(\sigma_{es}^2 + \sigma_{ec}^2 + \sigma_z^2 + \sigma_o^2 + \sigma_i^2)} \quad [^\circ] \quad (14)$$

kde:

σ_{es} - je směrodatná odchylka centrace přístroje $[^\circ]$

σ_{ec} - je směrodatná odchylka dostředění cíle $[^\circ]$

σ_z - je směrodatná odchylka v cílení $[^\circ]$

σ_o - je směrodatná odchylka ve čtení $[^\circ]$

σ_i - je směrodatná odchylka souhrnu vlivu přístrojových vad $[^\circ]$

Správnou rektifikaci přístroje má vliv přístrojových vad zanedbatelnou hodnotou. Vliv dostředění na měření vodorovných směrů a uhlů je poměrně složitý a proto je možné uvažovat samostatně. Rovnici zredukujeme na tvar:

$$\sigma_{\varphi} = \sqrt{(\sigma_z^2 + \sigma_o^2)} \quad [^\circ] \quad (15)$$

Vzorec pro směr měřený v jedné skupině:

$$\sigma_{\varphi 1} = \sqrt{(1/2)(\sigma_z^2 + \sigma_o^2)} \quad [^\circ] \quad (16)$$

Stanovení počtu skupin:

$$n = (\sigma_z^2 + \sigma_o^2) / \sigma_{Tw}^2 \quad (17)$$

Chyba ve čtení i v cílení mají náhodný charakter.

3. 4. Chyby při měření polygonového pořadu

Jak už bylo zmíněno, měřené veličiny v polygonovém pořadu jsou zatíženy měřickými chybami. Tyto chyby mají původ v nedokonalosti lidských smyslových orgánů, v konstrukční nedokonalosti přístrojů a v poruchách jejich chodu, které jsou způsobené atmosférickými vlivy. Do vyrovnání se nesmí zařadit měření, která jsou zatížena hrubými a systematickými chybami. Vyrovnávají se jenom měření, která obsahují náhodné chyby.

Hrubé chyby jsou způsobené nepozorností měřiče. Tento druh chyb se odstraňuje v průběhu měření opakováním měřických úkonů.

Systematické chyby působí jednostranně na výsledek měření. Tyto chyby jsou velmi nebezpečné pro správnost výsledku z toho důvodu, že vždy ovlivňují výsledek měření jednostranně. Jsou to chyby konstantní. Výskyt těchto chyb z měření vyloučíme kalibrací pomůcek a přístrojů, rektifikací přístroje, volbou vhodné technologie měření, zavedením korekcí k měření podle velikosti systematické chyby atd.

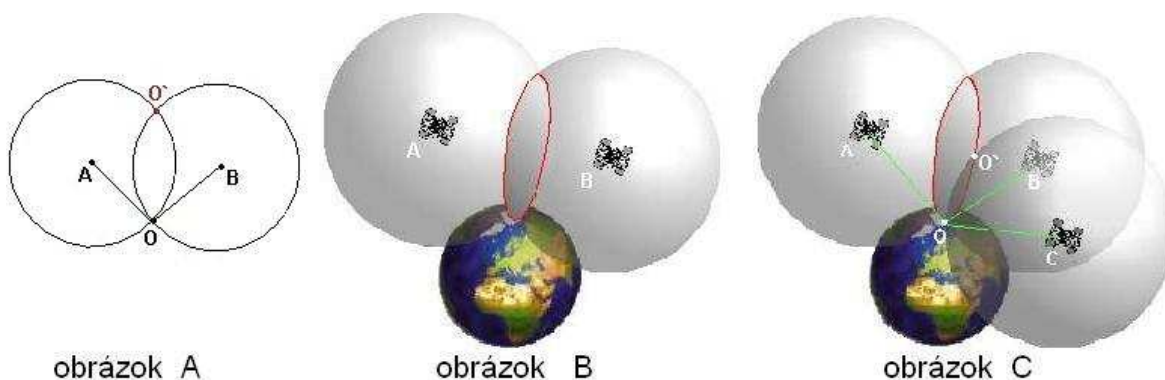
Z uvedených stručných charakteristik chyb ovlivňujících měření vyplývá, že výsledky úhlových měření jsou ovlivněna celou řadou systematických a náhodných chyb. Na to, aby byly spolehlivě určené vodorovné i svislé úhly, není postačující přístroj jen pečlivě zcentrovat a horizontovat. [2] Kromě toho musí být splněné i další podmínky, které vyjadřují vzájemnou polohu osy přístroje:

1. $V \perp L$ Vertikální osa alhidády V má být kolmá k ose libely L, použité k horizontaci přístroje

2. $Z \perp H$ Záměrná osa Z má být kolmá na vodorovnou osu H
3. $H \perp V$ Vodorovná osa H má být kolmá na osu alhidády V
4. $L \parallel Z$ Osa nivelační libely má být rovnoběžná se záměrnou osou

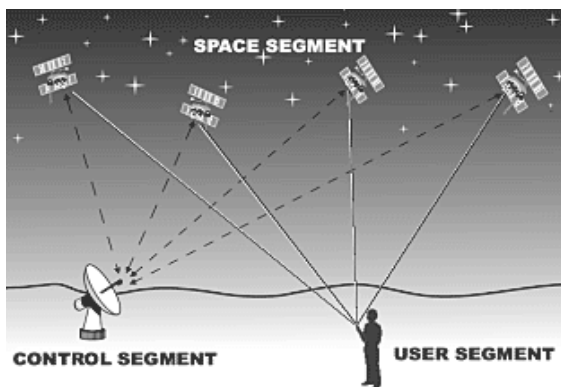
3. 5. Určení účelového bodového pole metodou GNSS

GNSS je družicový navigační systém, prostřednictvím kterého se dají kdekoli na zemském povrchu anebo pohybujících se objektech určit prostorové souřadnice bodů, nezávisle od meteorologických podmínek. Určení polohy bodu se dá vysvětlit tak, že určovaný bod se nachází v průsečíku kulových ploch, jejich poloměr je dán měřeními vzdáleností mezi určovaným bodem a družicí. Určení polohy bodu na zemském povrchu průsečíkem kulových ploch je schématicky naznačen na obr. 5.



Obr. 5 Schéma určování polohy bodu

Z geometrického hlediska, je nutné pro určení polohy určovaného bodu znát polohu minimálně tří družic. Ačkoli se vzdálenost mezi určovaným bodem a družicí určuje využitím přesných časových informací, je pro určení polohy potřeba čtyř družic. V geodezii se při každém měření snažíme o dosažení co největší přesnosti, proto se při metodě GNSS využívají co největšího možného počtu viditelných družic, které jsou vhodně rozložené na sféře. Rozložení družic je znázorněno na obr. 6. Aplikace GNSS se mohou uplatnit ve všech oblastech lidské činnosti a rozsah jejich využití se neustále rozšiřuje. Můžeme s určitostí říct, že aplikace založené na této technologii jsou téměř neomezené. [2]



Obr. 6 Rozložení družíc

3. 5. 1. Model určování polohy bodu

Jsou známy dvě základní metody určování polohy bodů. První metodou je absolutní určení polohy bodů v geocentrickém souřadnicovém systému. Na výpočet se využívá výpočet pseudovzdáleností mezi družicemi a přijímačem pomocí pseudonáhodných kódů. Přesnost určení polohy je zásadně ovlivněná skutečností, zda se využívá jen C/A kód, nebo i P-kód. Všeobecně se přesnost absolutního určení polohy pohybuje v rozmezí mezi hodnotami 5 – 10 m. Zavedením diferenciálních korekcí, kterými se opravují pseudovzdálenosti se výsledné souřadnice určují s přesností na 1 – 5 m. Metoda určení absolutní polohy se využívá hlavně tam, kde se vyžaduje získání prostorových informací. Může jít o objekty statické anebo se pohybující. Geodetické využití absolutního určování polohy je při získávání informací pro GIS a při stanovení východiskových geocentrických souřadnic pro referenční body, potřebných pro relativní určení polohy pomocí GNSS. [8]

Relativní určování polohy spočívá ve stanovení souřadnic nových bodů, vzhledem k poloze referenčního bodu, jehož souřadnice známe. Výsledkem měření a zpracování je určení směru a velikosti vektoru spojnice obou bodů v geocentrickém souřadnicovém systému. Výsledky měření pomocí relativních metod vedou k souřadnicím s přesností v jednotkách mm.

Při obou metodách stačí, jestli se měření uskuteční jen na jedné z frekvencí L1 anebo L2. V takovém případě, je třeba volit vhodný postup eliminace vlivů ionosféry.

3. 5. 2. Metody měření GNSS

Výběr metody závisí na požadavcích projektu. Rozhodující je požadovaná přesnost, zda se využívají měření pseudonáhodných kódů, anebo fázové měření, jedna nebo obě frekvence a také parametry přijímačů GNSS. Záleží také na aktuálním rozložení družic, stavu ionosféry, použitého softwaru při zpracování atd. [8]

Kódové měření vzdáleností

Využívají se pseudonáhodné kódy vysílané družicemi a výsledkem jsou pseudovzdálenosti, které jsou ovlivněny nesynchronností hodin přijímače se systémovým časem GPS. Příjem je možný i přes menší překážky a není zapotřebí spojitého sledování družic. Všeobecně je přesnost měření 1 – 5 m.

Fázové měření nosné vlny

Touto metodou se měří rozdíly vzdáleností sledované družice. Měření se uskutečňuje s milimetrovou přesností. Je zapotřebí spojitý příjem signálu.

Statické metody určování polohy

Přijímač je vzhledem k zemi bez pohybu. Doba měření trvá několik minut, hodin až dní. Přesnost je závislá od použité metody a délky observace.

Kinematické metody určování polohy

Fázové měření vyžaduje simultánní měření na statické referenční stanici, tím se zvyšuje přesnost měření. Přijímač je v pohybu, zastaví se jen na několik sekund až minut, co je doba postačující pro určení souřadnic určovaného bodu.

Jedno frekvenční měření

Využívá se jen C/A, resp. P-kód modulovaný na L1. Redukuje se vliv ionosféry. Aktuální numerické hodnoty koeficientů se získají z navigační zprávy. Pro měření se využívá jednoho frekvenčního přijímače a měření je omezeno do vzdálenosti 10 – 15 km.

Dvou frekvenční měření

Měří se na obou nosných vlnách L1 a L2. Vliv ionosféry je eliminován použitím lineárních kombinací kódových anebo fázových měření.

3. 6. Slovenská síť permanentních stanic pro určování polohy SKPOS

SKPOS představuje národní infrastrukturu pro využívání globálních navigačních systémů, prostřednictvím permanentní služby na využívání GNSS signálů. Je přímým nástrojem identifikace objektů a jevů v geoprostoru za využití přímého observování.

3. 6. 1. Vznik a definice sítě

Koncem roku 2006 se podařilo na Slovensku vybudovat a spustit testovací provoz národní permanentní služby pojmenovanou SKPOS s nejnovějším přístrojovým, hardwarovým, softwarovým a komunikačním zabezpečením, která realizuje zákonnou povinnost. Pro specializování státní prostorové sítě, je realizovaný a přijatý evropský terestrický referenční systém, označovaný ETRS89. Základní infrastruktura byla budovaná v čtyřech bodech:

1. Legislativa
2. Síť referenčních stanic
3. Prostředí informačně – komunikačních technologií
4. GKÚ se softwarovým a hardwarovým vybavením plní funkci zpracovatelského, analytického a datového centra

Státní prostorová síť je budovaná jak strukturovaná geodetická síť nové generace, ve které se plně využívá technologie globální navigační satelitní systém pro určení prostorové polohy geodetických bodů v souřadnicovém systému ETRS89. Body této sítě jsou rozdělené do tříd A až D. V třídě A jsou body, které mají vysokou kvalitu stability obr. 7, ale vzhledem k potřebě nepřetržité observace je zatím většina těchto bodů stabilizovaných na stavebních objektech. Prostřednictvím této stabilizace se zabezpečila nižší energetická spotřeba a především komunikační připojení ke správci. V současnosti tuto třídu tvoří 21 bodů a dostala označení SKPOS. Rozložení uvedených bodů je zobrazeno na obr. 8. Pod touto zkratkou se rozumí pojmenování slovenské permanentní

observační služby s využitím technologií pro určení prostorové polohy v reálném čase. Třídou B tvoří body, jejichž stabilizace je na pevném povrchu. Tuto třídu tvoří něco málo přes 60 bodů, na kterých se dají určit geodynamické charakteristiky. Tato síť se označuje názvem slovenská geodynamická referenční síť (SLOVGERENET). Epochy observace na bodech této sítě se pohybují v rozmezí 36-100 hodin. Třídou C tvoří body, které slouží pro realizaci geodetických činností. Observace na těchto bodech trvala minimálně 6 hodin a na území Slovenské republiky bylo určených 1600 geodetických bodů. Vzdálenost mezi těmito body se pohybuje v průměru 6 km. Do čtvrté a poslední třídy D se řadí body s observační dobou minimálně dvě hodiny. Tyto body slouží ke zpřesnění digitálních modelů, transformační úloh, ale také je můžeme použít při pozemkových úpravách.



Obr. 7 Hloubková stabilizace geodynamického bodu v Liesku

Pro dosažení přesnosti 0,02 – 0,04 m v režimu RTK, je odlehlost mezi stanicemi 33 – 83 km.



Obr. 8 Schéma rozmístění stanic SKPOS

SKPOS svými službami pokrývá celé území Slovenské republiky. Činnost služeb SKPOS neustále kontroluje softwarové vybavení geodetický a kartografický ústav v Bratislavě.

3.7 Polohové zaměření podrobných bodů polární metodou

Poloha bodů při této metodě je určovaná polárními souřadnicemi. Pod pojmem polární souřadnice rozumíme měřený vodorovný směr a vodorovné vzdálenosti. Princip měření spočívá ve zorientování stanoviště vůči nějakému známému bodu, v našem případě jsou to body účelového bodového pole, které představují polygonový pořad. Orientaci provádíme ve dvou polohách dalekohledu. Poté se zaměřují směry a vzdálenosti na podrobné body. Při dlouhých záměrech je potřebné délky opravit o chyby, které nazýváme korekce z nadmořské výšky a kartografické zkreslení. Postup výpočtu je snadný. Jako první se vypočte směrník σ z bodu stanoviště na bod orientace. Poté se spočítají jednotlivé směrníky σ_{Pi} :

$$\sigma_{Pi} = \sigma_{PK} + \alpha_i - \alpha_{PK} \quad [^\circ] \quad (18)$$

Souřadnice jednotlivých podrobných bodů se pak spočítají, ze vztahu:

$$Y_{Pi} = Y_P + s_i \cdot \sin_i \sigma_{Pi} \quad [m], \quad (19)$$

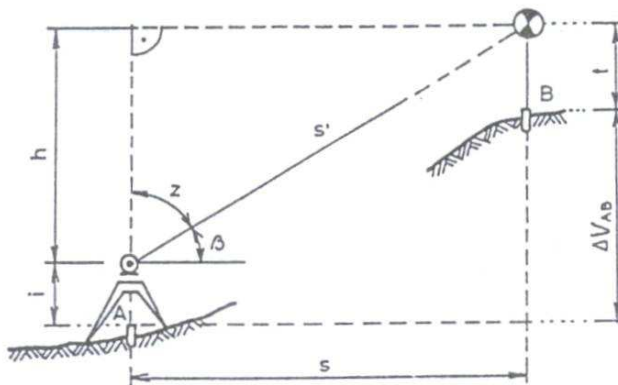
$$X_{Pi} = X_P + s_i \cdot \cos_i \sigma_{Pi} \quad [m]. \quad (20)$$

3.8 Trigonometrické určování výšek

V dnešní době se měřická technika neustále zdokonaluje. Díky tomuto vývoji se stále více v praxi používá metoda trigonometrického určování výšek. Faktorem, který však ovlivňuje přesnost měření, je vliv refrakce. Aby byl splněný předpoklad měření v požadované přesnosti, musí být dodrženy určité zásady při měření:

- délky záměr do 200 m (snížení vlivu refrakce)
- délky záměr vpřed a vzad přibližně stejně dlouhé (eliminace vlivu refrakce a zakřivení země),
- výška odrazného systému s terčem by se neměla při přetáčení ze záměry vpřed na záměru vzad měnit,
- pořad by měl začínat i končit na bodech s přibližně stejnou nadmořskou výškou

Tato metoda má uplatnění hlavně při určování výšek v členitém území. Při dodržení doporučených postupů, použití dostatečně přesných přístrojů a pomůcek můžeme trigonometrickým určováním výšek dosáhnout vysoké přesnosti.



Obr. 9 Trigonometrické určování výšek

Při záměrách kratších vzdáleností (250 – 300 m) nemusíme do výpočtu zahrnovat vliv refrakce a zakřivení země. Převýšení se pak vypočte podle obr. 9:

$$\Delta V_{A,B} = \pm h + i - t \quad [\text{m}], \quad (21)$$

$$\text{kde} \quad \pm h = s \cdot \text{tg}(\pm\beta) = s' \cdot \sin(\pm\beta) \quad [\text{m}], \quad (22)$$

$$\text{nebo} \quad \pm h = s \cdot \text{cotg}(z) = s' \cdot \cos(z) \quad [\text{m}], \quad (23)$$

kde:

$\Delta V_{A,B}$ - je výškový rozdíl bodů A, B [m],

i - je výška klopné osy přístroje [m],

t - je výška signálu na bodě B [m],

h - je výška signálu nad klopnou osou přístroje [m],

s - je vodorovná vzdálenost bodů A, B [m],

s' - je šikmá vzdálenost bodů A, B [m],

β - je výškový uhel [°, g]

z - je zenitová vzdálenost [°, g].

3.8.1 Přesnost trigonometricky určovaného výškového rozdílu

Přesnost měření zenitových uhlů ovlivňuje vliv refrakce. Pokud podle [2] dodržíme podmínky měření výškového úhlu na obou bodech (stanovisko, orientace), bude refrakce na přesnost měření minimální a můžeme ji z měření vyloučit. Odchylka trigonometrického měření výšek se počítá podle vztahu:

$$D = \pm 40 \cdot 10^{-3} \sqrt{L} \quad [\text{m}], \quad (24)$$

Kde:

L - je délka trigonometrického pořadu [km]

D - je odchylka trigonometrického měření výšek [m]

4 Zaměření podrobných bodů pro účely projektu v rozsahu uliční čáry

V této kapitole budou popsány postupy a práce prováděné při rekognoskaci terénu, postupném zaměřování polohopisu a výškopisu v rozsahu uliční čáry, stabilizace bodového pole a zaměření podrobných bodů.

4.1.Rekognoskace terénu

Dne 2. 11. 2009 proběhla rekognoskace zájmové oblasti. Cílem bylo navrhnout a stabilizovat body polygonového pořadu, které budou sloužit jako stanoviště pro podrobné měření tak, aby jejich hustota byla postačující pro dostatečně husté zaměření podrobných bodů v rozsahu zadaného projektu. Nově stabilizované body účelového bodového pole byly stabilizovány ocelovými hřeby s nápisem měřičský bod (obr. 10) a pro snadnější opětovné vyhledání bodu byl kolem měřického bodu nastříkán ekologickou barvou poznávací znak ve tvaru kruhu. Měřické body byly voleny s ohledem na terénní podmínky, přijatelnou vzdálenost a viditelnost. U počátečních a koncových bodů byl brán zřetel i na dobré podmínky pro měření metodou GNSS.



Obr. 10 Ocelový hřeb

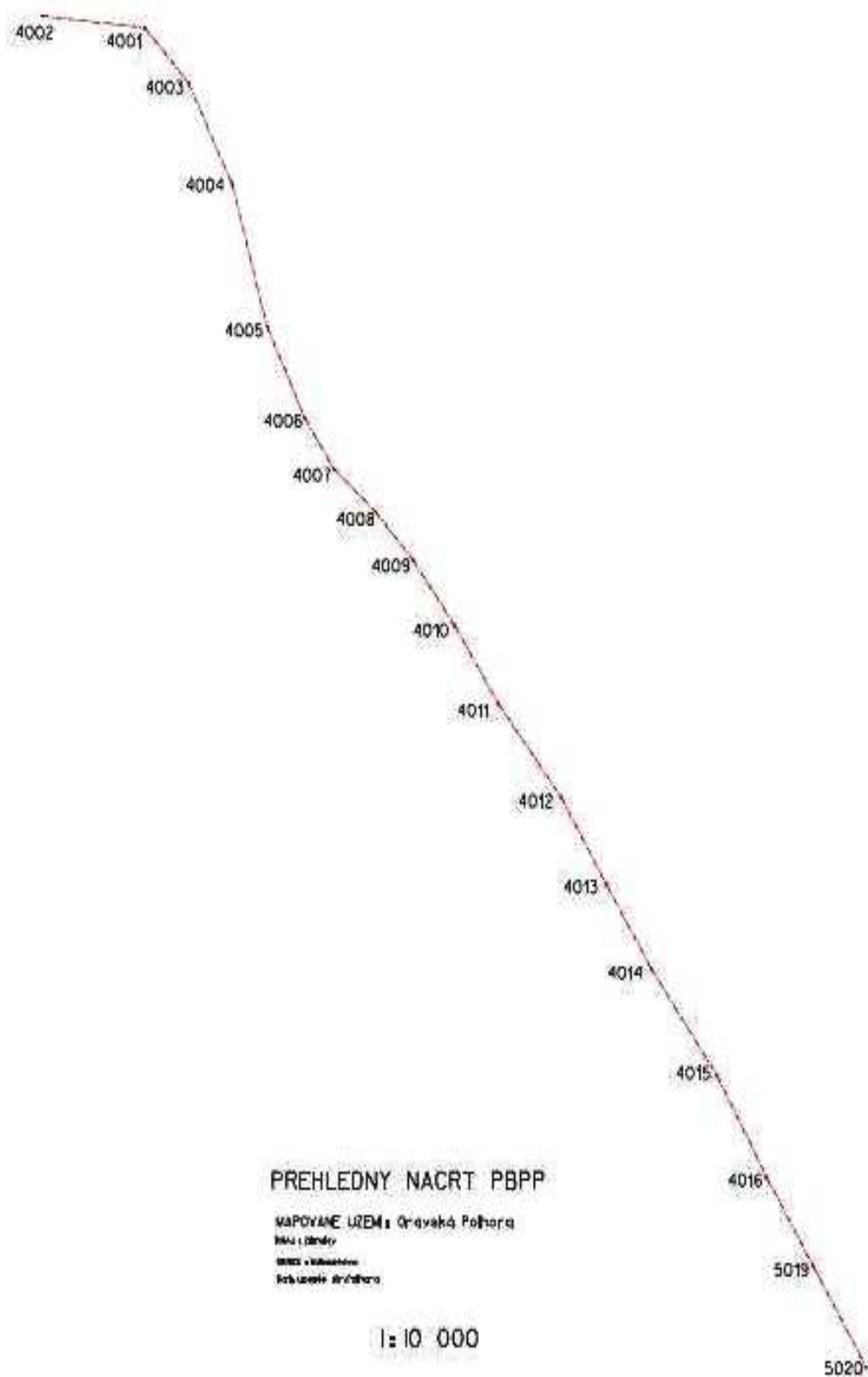
4.2. Stabilizace účelového bodového pole

Měření polohopisu předcházelo navržení bodového pole. Při rekognoskaci byly podle místopisů nalezeny podél vesnice trigonometrické body. Tyto body byly pro účel měření nepoužitelné, protože jejich poloha byla příliš vzdálená od prováděného díla a viditelnost značně omezená hustým porostem.



Obr. 10 Trigonometrický bod 2621NO-1001 - **9001**

Připojení měření na tyto body bylo z hlediska časového a ekonomického nevhodné. Proto bylo přistoupeno k volbě jiného alternativního polohového a výškového připojení měření. V rozsahu uliční čáry se nenacházely žádné velké objekty ani vysoký porost, takže se nabízely ideální podmínky pro využití metody GNSS měření. Pro přesné a spolehlivé měření metodou GNSS je jednou z podmínek úspěšného zaměření bodu vhodná volba transformačního klíče. Nalezené trigonometrické body svojí polohou plně vyhovovaly pro použití do transformačního klíče. Podle přílohy č. 2 je zřejmé, že byl splněn základní požadavek a to aby zájmové území padlo do obvodu tvořeného body transformačního klíče. Body účelového bodového pole byly stabilizovány měřickými hřeby, tento způsob stabilizace je zobrazen na obr. 10 v kapitole 4.1. a při jejich volbě byly dodrženy zásady podle kapitoly 3.2.



Obr.12.: Schéma účelového bodového pole

Stanoviska byla stabilizována v místech se zpevněným povrchem (silnice, chodníky), takovým způsobem, aby byla mezi nimi zabezpečená vzájemná viditelnost. Účelové bodové pole je tvořeno body 4001-4016, 5019, 5020. Body 5019, 5020 jsou body, které sloužily jako připojovací body jak pro měření mé tak pro měření studentky Martiny Bukovej. Schematický přehled vybudované měřické sítě je uveden na obr. 12.

4.3. Rozbor přesnosti před měřením

Podle vztahů (16) z [2] se dosazují pro směrodatnou odchylku hodnoty ve čtení podle typu použité čtecí pomůcky.

Pro elektronické čtení je přesnost teodolitů závislá od čtecího zařízení a bývá $\sigma_{\phi} = 1,5$ až $20''$.

V běžných podmínkách, tj. při zvětšení dalekohledu 30x, a pokud záměra probíhá 1 až 2 m nad terénem při slunečném počasí má hodnotu $\sigma_z = 10''$. Dle přílohy č. 1 je pro polygonový pořad do délky 1500 m střední chyba úhlu $m_{\omega} = 10''$. Po dosazení hodnot do vzorce se stanoví počet skupin:

$$n = (\sigma_z^2 + \sigma_o^2) / \sigma_{T\omega}^2 \quad (25)$$

kde:

$\sigma_z = 10''$ v důsledku slunečného počasí,

$\sigma_o = 10''$ chyba ve čtení daná výrobcem

$\sigma_{T\omega} = 10''$ základní střední chyba úhlu dle přílohy č. 1

Z uvedených vztahů vyplývá, že polygonové pořady musí pro splnění přesnosti podle STN 73 02 02 být měřeny ve dvou polohách dalekohledu. Střední souřadnicová chyba bodů měřické sítě je podle přílohy č. 1 stanovena $m_{x,y} = \pm 0,06$ m.

4.4 Zaměření účelového bodového pole polygonovými pořady

Účelové bodové pole, které bylo vybudované přednostně, bylo zaměřeno samostatně metodou oboustranně připojeného a oboustranně orientovaného polygonového pořadu. Zájmové území bylo z pohledu délky pořadu a kritérií uvedených v příloze č. 1 příliš dlouhé, proto byl polygonový pořad rozdělen na dva pořady. U žádného z pořadů nebyl překročen maximální počet vrcholů. Pro mezní uhlovou odchylku platí vztah

$$\Delta_{\omega} = 25\sqrt{n} + \sqrt{2} \quad [^{\circ}] \quad (26)$$

kde n je počet vrcholů v polygonovém pořadu.

Pro mezní polohovou odchylku platí vztah

$$\Delta_p = 0,0025\sqrt{[s]} + 0,04 \quad [m] \quad (27)$$

kde $[s]$ je součet délek stran v polygonovém pořadu.

Dosažené přesnosti polygonových pořadů:

- polygonový pořad 4001 – 4011 $\Delta_{\omega} = 0,0080^{\circ}$ $O_{\omega} = 0,0077^{\circ}$
 $\Delta_p = 0,14m$ $O_p = 0,10m$
- polygonový pořad 4011 – 5020 $\Delta_{\omega} = 0,0062^{\circ}$ $O_{\omega} = 0,0001^{\circ}$
 $\Delta_p = 0,12m$ $O_p = 0,10m$

Polygonový pořad byl vypočtený v programu GEUS 15.5. Výpočetní protokol je uvedený v příloze č. :3. Část výpočetního protokolu je uvedena jako obr. 10 a obr. 11.

Z uvedených odchylek polygonových pořadů vyplývá, že byly dodržena kritéria přesnosti dané přílohou č. 1.

Tomáš Bukový: Vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí v severní části obce Oravská Polhora

== 99 Zápisník měření =====
;Měřeno přístrojem GPT-7000i

Meřil:Tomáš Bukový, Datum:6/6/2009 korekce:0 mm/km

9999

999999999

100001

1

3

0

2

```

000000004001 2    1.530    ; <==== STANOVISKO
000000004002 2    248.156    1.500  156.2452  99.7229    ; Or
000000004002 2    248.158    1.500  356.2463  300.2772    ; Or
-1      ; --- KONEC ORIENTACI -----
000000004003 2    157.074    1.500    2.7027  100.6660    ; Cil
000000004003 2    157.075    1.500  202.7024  299.3341    ; Cil
/      ; --- KONEC STANOVISKA -----
000000004003 2    1.490    ; <==== STANOVISKO
000000004001 2    157.073    1.500    23.3658  100.4855    ; Or
000000004001 2    157.072    1.500  223.3659  299.5142    ; Or
-1      ; --- KONEC ORIENTACI -----
000000004004 2    234.425    1.500  241.2117  99.6039    ; Cil
000000004004 2    234.421    1.500    41.2110  300.3958    ; Cil
/      ; --- KONEC STANOVISKA -----
000000004004 2    1.750    ; <==== STANOVISKO
000000004003 2    234.424    1.500  256.2341  99.6522    ; Or
000000004003 2    234.428    1.500    56.2345  300.3475    ; Or
-1      ; --- KONEC ORIENTACI -----
000000004005 2    308.591    1.500    68.2639  99.9653    ; Cil
000000004005 2    308.594    1.500  268.2635  300.0345    ; Cil
/      ; --- KONEC STANOVISKA -----
000000004005 2    1.260    ; <==== STANOVISKO
000000004004 2    308.595    1.500  268.2345  100.8987    ; Or
000000004004 2    308.590    1.500    68.2341  299.1010    ; Or
-1      ; --- KONEC ORIENTACI -----
000000004006 2    213.241    1.500    57.2844  100.6637    ; Cil
000000004006 2    213.248    1.500  257.2840  299.3360    ; Cil
/      ; --- KONEC STANOVISKA -----
000000004006 2    1.480    ; <==== STANOVISKO
000000004005 2    213.241    1.500    54.6398  100.1044    ; Or
000000004005 2    213.245    1.500  254.6391  299.8952    ; Or
-1      ; --- KONEC ORIENTACI -----

```

Obr. 13 vstupní data do programu Geus 15.5 pro výpočet polygonového pořadu

Tomáš Bukový: Vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí v severní části obce Oravská Polhora

```

== Výpočet polygonového pořadu=====
Lokalita :Oravská Polhora                      Číslo 1
polyg.pořadu:      1
Pořad :  oboustranně orientovaný                Vyrovnání:  klasické

==Číslo bodu===== Y ===== X ==
=====Směrník=====Délka=====

Orient.posun= 349.8952
4001          391007.49      1140699.57
          352.6038      157.06
4003          390901.06      1140815.08
          370.4496      234.43
4004          390796.11      1141024.70
          382.4789      308.59
4005          390712.25      1141321.68
          371.5309      213.24
4006          390620.04      1141513.95
          362.7678      125.27
4007          390550.88      1141618.40
          346.4444      134.31
4008          390450.76      1141707.92
          353.1984      137.00
4009          390358.87      1141809.54
          359.7846      169.85
4010          390258.57      1141946.61
Orient.posun= 103.4148
Součet délek v pořadu =      1479.75
-hllová odchylka      =      0.0077 [g]
Polohová odchylka      =      0.10 [m]
Oy =      0.08      Ox =      0.07
-----
Minimalni delka strany =      125.27 [m]
Maximalni delka strany =      308.58 [m]
Max.pomer soused.stran = 1 : 1.7
Max.pomer stran v poradu = 1 : 2.5
Max.vyboceni      =      0.1 SPK
Max.odklon od SPK      =      19.1 [g]
Pocet vrcholu      =      9

```

Obr. 14 Výpočet oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu v programu Geus 15.5

Připojovací a orientační body byly určeny metodou GNSS. Určení těchto bodů je popsáno v kapitole 4.5. Měření metodou GNSS. Pro dané území a požadovanou přesnost byla v mé diplomové práci zvolená tachymetrická metoda. Za stanoviška byly zvoleny body účelového bodového pole. Orientace mezi stanovišky byly měřeny ve dvou polohách dalekohledu a v jedné skupině. Směry na podrobné body v jedné poloze dalekohledu a délky 1krát. Výška cíle při polygonovém pořadu byla zvolena 1,50 m, což představuje základní výšku použitého odrazného hranolu. Svislost cíle nad určovaným bodem byla zabezpečena krabicovou libelou uchycenou na odrazném hranolu. Pro zmenšení vlivu

refrakce byla délka mezi stanovisky volena podle možností do 300 m. Pro měření byl použitý přístroj totální stanice Topcon GPT-7000i. Měření trvalo tři měsíce a bylo provedeno na podzim. Toto roční období bylo vybráno záměrně, protože je zeleň zbavená listů, která by mohla bránit při zaměřování podrobných bodů a využívání metody GNSS. Návrh účelového bodového pole je schematicky zobrazen na obr. 12.

4.4.1 Použité přístroje a pomůcky

1 x totální stanice Topcon GPT-7000i

1 x stativ

2 x výtyčka s odrazným hranolem

1 x svinovací metr

1 x digitální teploměr a tlakoměr



Obr. 15 Totální stanice Topcon GPT-7000i

4.4.2 Technické parametry Topcon GPT – 7000i

Dalekohled

délka:	
zvětšení:	30x
průměr objektivu:	40 mm
zorné pole:	1°30' (1,7gon)
nejkratší vzdálenost záměry:	1,7 m

Měření úhlů

standardní odchylka – přesnost	
odčítání:	7'' (2 mgon)
nejmenší zobrazovaná jednotka:	0,0005 gon

Měření vzdáleností

přesnost měření:	2–5mm + 2 ppm
dosah:	0 - 5400 m podle počasí a typu hranolu

Citlivost libely

krabicová libela:	6' / 2 mm
elektronická libela:	20'' / 2 mm

Kompenzátor

dvojosý, kapalinový	
rozsah urovnání:	±4' (0,07 gon)
přesnost urovnání:	2'' (0,7 mgon)

Automatické opravy

kolimační chyba:	ano
indexová chyba:	ano
zakřivení země:	ano
refrakce:	ano
korekce sklonu:	ano

Ostatní parametry

baterie:	Ni + Mh, 6V, 1800mAh
provozní teplota:	-20°C až +50°C
kapacita vnitřní paměti:	256 kB = 4000 datových bloků

4.4.3 Číslování bodů

Aby bylo možné důležitost bodů při zpracování rozlišovat, bylo před samotným započítáním prací zvoleno číslování těchto bodů. Po domluvě s objednavatelem bylo rozhodnuto, že číslování bodů bude provedeno podle tab.1.:

Číslování bodů	
body pro transformační klíč	9000
body účelového bodového pole	4000
podrobné body	15000

Tab.1.: Číslování bodů

V uvedené tabulce jsou uvedené hodnoty předčíslic, které byly přiřazovány k jednotlivým bodům při měření. Tento způsob číslování výrazně usnadnil práci při samotném zpracování údajů získaných v terénu.

4.5 Měření metodou GNSS

Pro dosažení spolehlivých a dostatečně přesných výsledků je důležitá vhodná volba bodů do transformačního klíče. V diplomové práci byly za tyto body zvoleny trigonometrické body, které se nacházejí po obvodu vesnice a jsou rozmístěny tak, že tvoří obrazec, do kterého padlo celé zájmové území. Tyto body byly vyhledány pomocí místopisů, které jsou volně přístupné na stránkách GEOPORTAL.sk a jsou doloženy, jako příloha 4. Měření bylo vykonáno rychlou statickou metodou a doba observace na jednotlivých trigonometrických bodech trvala 30 minut. Tento způsob měření byl vykonán ve dvou etapách. První etapa byla provedena 25. 10. 2008 a druhá etapa měření proběhla 15.2.2009. Výsledkem bylo získání dvojí nezávisle změřených souřadnic. Z průměrů těchto souřadnic byly vypočteny výsledné souřadnice pro transformační klíč. Jednotlivá měření GPS bodů klíče a jejich průměry jsou uvedeny v tab.2. Po vytvoření transformačního klíče v programu TRANSFORM v.+, bylo možné GPS měření využít i při určování bodů účelového bodového pole. Výsledné průměry bodů účelového bodového pole jsou uvedeny v tab. 3.:

č.bodu průměr	GPS-1měření			GPS-2měření		
	Y	X	Z	Y	X	Z
4001	391007,48	1140699,56	703,16	391007,50	1140699,58	703,19
	Y,X,Z			391007,49	1140699,57	703,17
4002	391254,48	1140675,67	706,83	391254,50	1140675,69	706,85
	Y,X,Z			391254,49	1140675,68	706,84
4010	390258,56	1141946,6	695,41	390258,58	1141946,62	695,43
	Y,X,Z			390258,57	1141946,61	695,42
4011	390152,47	1142109,88	693,1	390152,45	1142109,9	693,08
	Y,X,Z			390152,46	1142109,89	693,09
4012	390001,79	1142302,95	691,49	390001,81	1142302,93	691,51
	Y,X,Z			390001,80	1142302,94	691,5
5019	389394,08	1143278,94	684,21	389394,10	1143278,92	684,23
	Y,X,Z			389394,09	1143278,93	684,22
5020	389264,50	1143491,84	680,65	389264,48	1143491,82	680,63
	Y,X,Z			389264,49	1143491,83	680,64

Tab. 3.: Výsledné průměry bodů účelového bodového pole

Část GPS protokolu provedeného GNSS měření je uvedena jako obr. 17.

Vzhledem na roční období a vhodnou volbu bodů bylo možné touto metodou určit všechny body účelového bodového pole. Jelikož výsledky měření sloužily jenom pro porovnání s vypočtenými souřadnicemi z polygonových pořadů, požadavky na přesnost jejich určení nebyly tak vysoké jako u určování bodů klíče. Doba observace na jednotlivých bodech trvala min 9 sekund a výsledné souřadnice z dvou nezávislých měření byly porovnány se souřadnicemi vypočtenými ze zaměřeného polygonového pořadu. Výsledky porovnání bodů určených metodou polygonového pořadu a bodů určených metodou GNSS jsou uvedeny v tab. 4. Měření bylo vykonané přístrojem Topcon FC200. Tenhle přístroj je zobrazen na obr. 16.



Obr. 16 Topcon FC200

Protokol určenia súradníc bodov metódou GNSS v S-JTSK

Typ použitej metódy statická / rýchla statická

Označenie prijímačov	: Topcon
Typ prijímača	: HiPer+
Typ antény	: Interní anténa HiPer+
Výrobné číslo	: 279-0658
dĺžka observácie	: 30min

Parametre transfomačného kľúča

translačné	rotačné	súradnice ťažiska	mierkový [1e6]
-631.1229	9.1935	49°31' 9.620474"	3.4819 7938
-11.2075	1.2940	19°26' 50.658118"	
-495.3966	4.5656		

Identické body

Označenie		2621NO-1001(9001)	
X,Y,Z	1139355.24	390977.56	733.24
B,L,H	49 33 9.57385	19 25 25.29135	775.27
vektor opráv (rezíduá)	-0.060	-0.019	-0.006
bod bol použitý do transformácie			

Označenie		2623NO-1002(9002)	
X,Y,Z	1143848.87	390526.12	753.39
B,L,H	49 27 55.32980	19 31 17.22770	844.89
vektor opráv (rezíduá)	-0.003	-0.031	-0.004
bod bol použitý do transformácie			

Zoznam súradníc novourčovaných bodov

č. bodu	y,x,z				B,L,H	
4001	391007.49	1140699.57	703.17	49 32 26.07201	19 25 28.50762	745.100
4002	391254.49	1140675.68	706.84	49 32 26.27912	19 25 16.16876	748.770
4010	390258.57	1141946.61	695.42	49 31 47.51696	19 26 10.03206	737.330

Obr. 17 Protokol měření metodou GNSS

č.bodu-měr. č.bodu-míst.	1 etapa měření			2 etapa měření		
	Y	X	Z	Y	X	Z
9001 2621NO1001	390977.560	1139355.240	733,25	390977.559	1139355.238	734,29
		průměry		390977.560	1139355.239	735,27
9002 2623NO1002	390526.120	1143848.870	753.40	390526.121	1143848.872	753.37
		průměry		390526.121	1143848.871	753.39
9003 3825-3	391075.930	1141453.470	723.09	391075.929	1141453.472	723.14
		průměry		391075.930	1141453.471	723.12
9004 3820-7	388015.410	1145555.320	682.65	388015.410	1145555.322	682.63
		průměry		388015.410	1145555.321	682.64

Tab. 2.: GNSS měření bodů určených pro tvorbu transformačního klíče

Pořad 1	polygonový pořad			GNSS-měření			Rozdíly		
č.bodu	Y	X	Z	Y	X	Z	dY	dX	dZ
4003	390901.06	1140815.08	702.45	390901.06	1140815.09	702.43	0,00	0,01	0,02
4004	390796.11	1141024.70	699.24	390796.12	1141024.71	699.27	0,01	0,01	0,03
4005	390712.25	1141321.68	697.30	390712.27	1141321.69	697.21	0,02	0,01	0,09
4006	390620.04	1141513.95	698.45	390620.06	1141513.96	698.41	0,02	0,01	0,04
4007	390550.88	1141618.40	705.73	390550.90	1141618.41	705.77	0,02	0,01	0,04
4008	390450.76	1141707.92	706.69	390450.77	1141707.93	706.67	0,01	0,01	0,02
4009	390358.87	1141809.54	703.40	390358.88	1141809.54	703.38	0,01	0,00	0,02

Pořad 2	polygonový pořad			GNSS-měření			Rozdíly		
č.bodu	Y	X	Z	Y	X	Z	dY	dX	dZ
4013	389892.67	1142485.33	693.86	389892.66	1142485.34	693.81	0,01	0,01	0,05
4014	389784.65	1142659.68	696.12	389784.63	1142659.71	696.07	0,02	0,03	0,05
4015	389625.01	1142883.99	673.72	389625.00	1142884.00	673.68	0,01	0,01	0,04
4016	389505.61	1143095.54	687.80	389505.59	1143095.57	687.76	0,02	0,03	0,04

Tab. 3.: Porovnání bodů určených metodou polygonového pořadu a bodů určených metodou GNSS

4.5.1 Technické parametry FC200

Rozměry	196x107x61(mm)
Váha	Méně než 720g včetně baterií
Provozní teplota	-20°C to +50°C
Vnitřní vyhřívání	Ano
Vodotěsnost	IP66
Displej	320x230 QVGA (barevný-dotykový) Teplotní kompenzace
Podsvícení	Zadní světlo (LED)
Klávesnice	7 kláves, softwarová klávesnice v programu TopSURV
Operační systém	MS Windows CE v 5.0
Mikroprocesor	Intel PXA270 520MHz
Paměti	128 MB RAM 512 MB ROM
Datová karta	Vyjímatelný Compact Flash SD Media Card
Připravenost Bluetooth	ANO
Serialové porty	RS-232C serial (D-sub 9) USB (mini-B) USB (Typ A)
Audio	Uzavřený Speaker (mono) Uzavřený mikrofón
Externí napájení	Ano
Baterie	Vyjímatelný, dobíjitelný Li-IONsystém, dodávaný se dvěma bateriemi
Provozní doba	Jedna baterie 15 hodin

5. Vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí

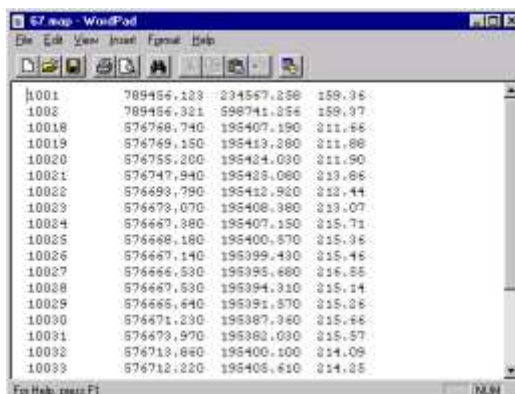
V páté části diplomové práce je podrobně popsán postup při zpracování naměřených dat v terénu. Je tady popsán postup při zpracování a použitý programy, pomocí kterých byly výpočty a samotné zpracování prováděno.

5.1 Zpracování naměřených hodnot

Měření v terénu bylo úplně dokončeno v dubnu roku 2009. Naměřené hodnoty byly zpracovány v geodetickém programu Geus 15. 5. a v programu MacroGeo 6.52 pro MicroStation.

Souřadnicové výpočty polygonových pořadů, byly zpracovány v programu Geus. Velikou výhodou při zpracování měření podrobných bodů bylo využití funkce přístroje Topcon GPT 7000i, export naměřených údajů v podobě vypočtených souřadnic. Jako první bylo v terénu vykonané GPS měření, které sloužilo jako kontrolní. Výsledné souřadnice byly nahrané ve formě textového souboru přes funkci INPORT do přístroje. Totální stanice komunikuje s počítačem prostřednictvím programu TOPSURF. Postup měření spočíval v tom, že dané body byly při měření vyvolávány z paměti přístroje, podrobné body byly automaticky softwarem totální stanice přepočteny do souřadnicového tvaru. Tento způsob měření nijak časově neovlivnil měření. Výrazně však ušetřil čas při samotném zpracování měření. Vzhledem na obrovské množství údajů získaných z terénu a možnosti vzniku zbytečných chyb byl v mé diplomové práci zvolen tento způsob měření. Výsledný textový soubor byl z totální stanice získán pomocí funkce EXPORT → sour.data. Forma textového souboru je zobrazena na obr. 18. Výstupy naměřených údajů z totální stanice Topcon GPT 7000i jsou uvedeny v příloze č :5.

Textový soubor obsahující souřadnice podrobných bodů byl importován do programu Geus. Odtud byly tyto body společně s body vypočtených polygonových pořadů exportovány ve formátu .dgn. Tímto úkonem skončily početní práce.



1001	789456.123	234567.258	159.36
1002	789456.321	598741.254	159.37
10018	576768.740	195407.190	211.66
10019	576769.150	195413.280	211.88
10020	576755.200	195424.030	211.90
10021	576747.940	195425.080	213.86
10022	576693.790	195412.920	212.44
10023	576673.070	195408.380	213.07
10024	576667.380	195407.150	215.71
10025	576668.180	195400.570	215.36
10026	576667.140	195399.430	215.46
10027	576666.530	195395.680	216.55
10028	576667.530	195394.310	215.14
10029	576665.640	195391.570	215.26
10030	576671.230	195387.340	215.66
10031	576679.970	195382.030	215.57
10032	576713.680	195400.100	214.09
10033	576712.220	195405.610	214.25

Obr. 18 Ukázka výstupního formátu z totální stanice Topcon GPT-7000i

5.2. Tvorba kreslicího klíče

Před zahájením grafického zpracování se uskutečnila schůzka se starostou obce ing. Petrem Horváthem. Úlohou schůzky bylo domluvit se na vytvoření kreslicího klíče a termínech odevzdání mapového díla. Po vzájemné dohodě byl vytvořen kreslicí klíč, podle kterého byla zpracována mapová dokumentace pro projekt inženýrských sítí v obci Oravská Polhora. Náležitosti kreslicího klíče sou uvedeny v příloze č.:6. Termín odevzdání díla byl domluven na září roku.2010.

5.3. Grafické zpracování

V programu MacroGeo byla založena nová lokalita s názvem Oravská Polhora.dgn. Referenčně byl připojen vyexportovaný dgn. soubor z programu Geus. Při měření polohopisu a výškopisu byly současně s měřením kresleny také měřické náčrty. Podle nich byly postupně vynášeny prvky polohopisu do mapového díla podle kreslicího klíče. Kreslicí klíč je uveden jako příloha č :6.

Obsah kresby

Výsledná mapová dokumentace obsahuje všechny prvky polohopisu a výškopisu. Obsahem polohopisu v mapovém díle jsou budovy, čísla popisná, ploty a značky kultur, rozhraní silnic a chodníků. Všechny prvky polohopisu jsou kreslena podle přílohy č :6. Výškopis je po dohodě se starostou obce vyznačen formou výšek, přiřazených ke každému podrobnému bodu. Obsahem díla jsou také vyznačené body účelového bodového pole. Každý z těchto bodů je určen souřadnicemi x,y,z a pro snadnější, pozdější nalezení v terénu okótován minimálně dvěma kótami k pevným bodům polohopisu (jako jsou rohy

Tomáš Bukový: Vyhotovení mapové dokumentace pro projekt inženýrských sítí v severní části obce Oravská Polhora

budov, sloupky plotu...). Na obr. 19 je zobrazená část mapového díla vyhotoveného v severní části obce Oravská Polhora.

Obr. 19 Část mapového díla severní části obce Oravská Polhora

6 Závěr

Náplní diplomové práce bylo zaměření skutečného stavu a následné vyhotovení mapové dokumentace území po obou stranách uliční čáry ve vzdálenosti 25m od osy. Zájmovým územím byla obec Oravská Polhora. Předmětem měření byly prvky polohopisu (budovy, ploty, chodníky, cesty, zeleň...) a dostatečné zachycení výškového průběhu zájmového území.

Z naměřených údajů a následného zpracování výsledků vyplynuly tyto závěry:

Dosažené přesnosti polygonových pořadů:

Polygonový pořad číslo 1.:

Maximální dosažená polohová odchylka: $O_p = 0,10$ [m]

Maximální dovolená polohová odchylka: $\Delta_p = 0,13$ [m]

Maximální dosažená uhlová odchylka: $O_p = 0,0077$ [°]

Maximální dovolená uhlová odchylka: $\Delta_p = 0,0080^\circ$ [°]

Polygonový pořad číslo 2.:

Maximální dosažená polohová odchylka: $O_p = 0,10$ [m]

Maximální dovolená polohová odchylka: $\Delta_p = 0,28$ [m]

Maximální dosažená uhlová odchylka: $O_p = 0,0063$ [°]

Maximální dovolená uhlová odchylka: $\Delta_p = 0,0080$ [°]

Porovnáním dosažených odchylek vypočtených v polygonových pořadech a povolených odchylek podle přílohy č. 1 vyplývá, že při obou polygonových pořadech byly dodrženy požadavky na přesnost měření.

Účelové bodové pole bylo zaměřeno metodou oboustranně orientovaného a oboustranně připojeného polygonového pořadu. Před měřením byl vykonán rozbor přesnosti. Na základě tohoto rozboru byly úhly v polygonových pořadech měřeny v 1 skupině a ve dvou polohách dalekohledu. Délky byly měřeny obousměrně.

Při volbě a měření polygonových pořadů nebylo vždy možné striktně dodržovat zásady pro budování a měření pořadů. Měření probíhalo v zastavěné oblasti. Uliční čára vedla středem silnice, která je hlavním tahem mezi Slovenskou Republikou a Polskem. V obci nejsou úplně vybudované chodníky, a proto část měření probíhala také na silnici. S ohledem na bezpečnost nebylo v zájmovém území vždy možné volit přibližně stejné délky záměr. Dalším faktorem ovlivňujícím přesnost měření byly délky polygonových pořadů. Oba pořady, které byly mapovaným územím vedeny, se pohybovaly na hranici přípustnosti z hlediska délky. Přihlédnutím k těmto okolnostem byla kritéria přesnosti při obou polygonových pořadech dodržena.

Cílem diplomové práce bylo vyhotovit mapovou dokumentaci pro projekt inženýrských sítí v severní části obce Oravská Polhora v měřítku 1:1000. Vytvořené mapové dílo bude sloužit pro potřeby obce. S možností využívání evropských fondů a následné možnosti budování kanalizace anebo jiných inženýrských sítí je tato diplomová práce vhodnou přílohou projektů pro evropskou unii.

Seznam použité literatury

- [1] S 74.20.73.11.00 Smernice na spravovanie geodetických základov, ÚGKK SR, 2007
- [2] NOVÁK,Z., PROCHÁZKA, J.: Inženýrska geodézie 10, ISBN 80-01-02407-5,2006,ČVUT, Praha
- [3] I 74.20.73.12.00 Inštrukcia na práce v polohových bodových poliach, ÚGKK SR, 1995
- [4] RATIBORSKÝ,J.: Geodézie 10, ISBN 80-01-02198-X, 2000, ČVUT,Praha
- [5] SCHENK, J. : Globální polohové systémy v geodézii, 2003.
- [6] STN 013410 Mapy veľkých mierok, základní a účelové mapy
- [7] STN 013411 Mapy veľkých mierok, kreslenie a značky
- [8] ŠVÁBENSKÝ, O., FIXEL, J., WEIGEL, J. : Základy GPS a jeho praktické aplikace, VUT Brno, 1995.
- [9] SCHENK, J.: Geodetické sítě, Bodová pole, VŠB-TU Ostrava 2005

Seznam obrázků

- Obr. 1 Letecký snímek obce Oravská Polhora
- Obr. 2 Oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad
- Obr. 3 Výpočet směrníku stran pořadu
- Obr. 4 Geometrický význam souřadnicových uzávěrů O_y a O_x
- Obr. 5 Schéma určení polohy bodu
- Obr. 6 Rozložení družic
- Obr. 7 Hloubková stabilizace geodynamického bodu v Lieseku
- Obr. 8 Schéma rozmístění stanic SKPOS
- Obr. 9 Trigonometrické určování výšek
- Obr. 10 Ocelový hřeb
- Obr. 11 Trigonometrický bod 2621NO-1001 - **9001**
- Obr. 12 Schéma účelového bodového pole
- Obr. 13 Vstupní data do programu Geus 15.5 pro výpočet polygonového pořadu
- Obr. 14 Výpočet oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu
v programu Geus 15.5
- Obr. 15 Totální stanice Topcon GPT-7000i
- Obr. 16 Topcon FC200
- Obr. 17 Protokol měření metodou GNSS
- Obr. 18 Ukázka výstupního formátu z totální stanice Topcon GPT-7000i
- Obr. 19 Část mapového díla severní části obce Oravská Polhora

Seznam tabulek:

Tab. 1: Číslování bodů

Tab.2: GPS měření bodů určených pro tvorbu transformačního klíče

Tab.3: Výslední průměry bodů účelového bodového pole

Tab.4: Porovnání bodů určených metodou polygonového pořadu a budou určených metodou GPS

Seznam příloh:

1. Tabulka povolených odchylek podle STN 730202
2. Schéma transformačního klíče
3. Protokol výpočtu polygonových pořadů z programu Geus 15.5
4. Místopisy bodu vybraných pro transformační klíč
5. Výstup naměřených podrobných bodů z totální stanice Topcon GPT-7000i
6. Kreslicí klíč
7. GPS protokoly
8. Kalibrační list totální stanice Topcon GPT-7000i
9. Vyhotovené mapové podklady